

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-013353

(43)Date of publication of application : 14.01.2000

(51)Int.Cl.

H04J 11/00
H04L 27/38

(21)Application number : 10-170999

(71)Applicant : NIPPON HOSO KYOKAI <NHK>

(22)Date of filing : 18.06.1998

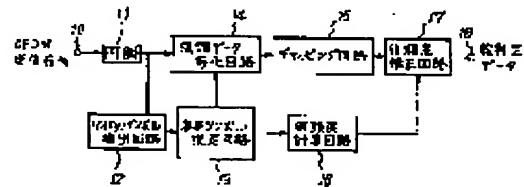
(72)Inventor : TAKADA MASAYUKI
NAKAHARA SHUNJI
KURODA TORU
UEHARA MICHIIRO
TSUCHIDA KENICHI

(54) OFDM SIGNAL DEMODULATING DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an OFDM signal demodulating device which can perform an effective soft decision decoding operation by making every carrier obtained by an FFT circuit equalize the amplitude and phase of the complex data based on a reference symbol obtained by a reference symbol estimating circuit and using the said reference symbol as the reliability information on the soft decision decoding operation.

SOLUTION: An OFDM receiving signal 10 undergoes FFT via an FFT circuit 11 and the complex data on every carrier are obtained. A pilot symbol extracting circuit 12 extracts the complex data equivalent to the position of a pilot symbol included in a frame constitution from the complex data obtained by the circuit 11. A demodulated data equalizing circuit 14 corrects the transmission line characteristic of the complex data on every carrier obtained by the circuit 11 based on a reference symbol that is obtained by a reference symbol estimating circuit 13. Thus, the corrected complex data are obtained and then demapped by a demapping circuit 15 to obtain the soft decision data.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japanese Patent Office

Best Available Copy

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号
特開2000-13353
(P2000-13353A)

(43)公開日 平成12年1月14日(2000.1.14)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード(参考)
H 0 4 J 11/00		H 0 4 J 11/00	Z 5 K 0 0 4
H 0 4 L 27/38		H 0 4 L 27/00	G 5 K 0 2 2

審査請求 未請求 請求項の数6 O L (全 9 頁)

(21)出願番号	特願平10-170999	(71)出願人	000004352 日本放送協会 東京都渋谷区神南2丁目2番1号
(22)出願日	平成10年6月18日(1998.6.18)	(72)発明者	高田 政幸 東京都世田谷区砦1丁目10番11号 日本放 送協会 放送技術研究所内
		(72)発明者	中原 俊二 東京都世田谷区砦1丁目10番11号 日本放 送協会 放送技術研究所内
		(74)代理人	100059258 弁理士 杉村 暁秀 (外8名)

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 OFDM信号復調装置

(57)【要約】

【課題】 誤り訂正の性能が向上されたOFDM信号復調装置を提供する。

【解決手段】 OFDM信号復調装置をQAM系にあってはパイロットシンボルから得られた参照シンボルの振幅を軟判定のための信頼度情報として利用するよう構成したり、差動系にあっては前シンボルの振幅を1に規格化して差動復調して軟判定信号が可能なよう構成する。

【特許請求の範囲】

【請求項1】 OFDM信号を復調するOFDM信号復調装置において、当該装置が：受信OFDM信号から各搬送波の複素データを得るFFT回路と；得られた複素データからフレーム構成のうちパイロットシンボルの位置に相当する複素データを抽出するパイロットシンボル抽出回路と；抽出されたパイロットシンボルから各搬送波の振幅位相基準となる参照シンボルを推定する参照シンボル推定回路と；前記FFT回路によって得られた各搬送波の複素データの振幅および位相を前記参照シンボル推定回路によって得られた参照シンボルにより等化する復調データ等化回路とを具備し、参照シンボル推定回路によって得られた参照シンボルを軟判定復号の信頼度情報として利用するよう構成したことを特徴とするOFDM信号復調装置。

【請求項2】 前記装置がさらに：前記復調データ等化回路の出力である複素データから軟判定データを得るためのデマッピング回路と；前記参照シンボル推定回路によって推定された参照シンボルから各搬送波の信頼度を計算する信頼度計算回路と；該計算回路から得られた信頼度情報を使用して前記軟判定データを補正する信頼度補正回路とを具備することを特徴とする請求項1記載のOFDM信号復調装置。

【請求項3】 前記信頼度計算回路の出力が平均レベルを超える場合には、前記信頼度補正回路で補正を行わないことを特徴とする請求項2記載のOFDM信号復調装置。

【請求項4】 前記信頼度計算回路において、参照シンボル推定回路によって推定された参照シンボルと、パイロットシンボル抽出回路によって抽出されたパイロットシンボルとのユークリッド距離が予め定めた閾値より大きい場合は、その搬送波近傍の信頼度を0とすることを特徴とする請求項2記載のOFDM信号復調装置。

【請求項5】 OFDM信号を復調するOFDM信号復調装置において、当該装置が：受信OFDM信号から各搬送波の複素データを得るFFT回路と；得られた複素データからフレーム構成のうちパイロットシンボルの位置に相当する複素データを抽出するパイロットシンボル抽出回路と；抽出されたパイロットシンボルから各搬送波の振幅位相基準となる参照シンボルを推定する参照シンボル推定回路と；前記FFT回路によって得られた各搬送波の複素データの振幅および位相を前記参照シンボル推定回路によって得られた参照シンボルにより等化する復調データ等化回路と；前記復調データ等化回路の出力である複素データを送信シンボル点へシンボル判定するシンボル判定回路と；該シンボル判定回路の出力を前記参照シンボル推定回路によって推定された参照シンボルにより伝送路の周波数特性をかけてシンボルの値を変換するシンボル変換回路と；前記参照シンボルの振幅を1に規格化しこれの前記FFT回路の出力複素データを

補正する復調データ補正回路と；前記シンボル変換回路および前記復調データ補正回路両出力を使用して各搬送波の信頼度を計算する信頼度計算回路と；該計算回路から得られた値を前記シンボル判定回路によりシンボル判定された各ビットの信頼度とする信頼度付加回路とを具備し、該信頼度付加回路の出力を軟判定データとするよう構成されたことを特徴とするOFDM信号復調装置。

【請求項6】 差動ディジタル変調されたOFDM信号を復調するOFDM復調装置において、当該装置が：受信OFDM信号から各搬送波の複素データを得るFFT回路と；各搬送波の受信シンボルを1シンボル遅延させる1シンボル遅延回路と；遅延された受信シンボルの振幅を1に規格化するシンボル振幅規格化回路と；前記FFT回路および前記規格化回路両出力の出力信号を用いて複素データを差動復調する差動復調回路とを具備し、該差動復調回路で得られた複素データのI軸およびQ軸のレベルを軟判定復号の信頼度情報として使用するよう構成したことを特徴とするOFDM信号復調装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing：直交周波数分割多重)信号の復調装置に係り、特にその軟判定データを得る復号装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】OFDM信号を受信し復号する場合、16QAM(Quadrature Amplitude Modulation)や64QAMなどのQAM系のディジタル変調方法においては、図3に示すようにOFDM受信信号30の時間波形をFFT(Fast Fourier Transform)回路31をへて各搬送波毎の複素データを求め、これを別途パイロットシンボル抽出回路32および各搬送波の参照シンボルを推定する参照シンボル推定回路33を介して求めた振幅位相基準データ(参照データ)を基準に、各搬送波毎に復調データを等化する復調データ等化回路34において等化することによって前述の複素データを補正し、得られた補正複素データを各搬送波毎にデマッピング回路35で位相空間上にデマッピングをすることによりビット毎の軟判定データ36を得、これをビタビ復号器(図示されず)などの軟判定復号回路に入力して軟判定復号を行っていた。なお一例として16QAMの場合の位相空間図を図5に示す。

【0003】またDQPSK(Differential Quaternary Phase Shift Keying)などの差動復調系のディジタル変調方法においては、図4に示すように図3と同様に、OFDM受信信号40の時間波形をFFT回路41をへて各搬送波毎の複素データを求め、1シンボル遅延回路42で求めた各搬送波の前シンボルと差動復調回路43で各搬送波毎に差動復調を行い、得られた複素データをデマッピング回路44を用いて位相空間上で各搬送波毎

にデマッピングして軟判定データ45を得、これをビタビ復号器（図示されず）などの軟判定復号回路に入力して軟判定復号を行っていた。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかし、マルチパスやフェージングなどの妨害がある場合、遅延波のレベルや遅延時間などの影響により伝送路の周波数特性が歪み、OFDM信号の各搬送波の振幅位相特性が異なってくる。例として、マルチパス妨害がある場合の伝送路の周波数振幅特性を図6（b）に示す。この周波数振幅特性はパイロットシンボルから推定して得たものである。振幅の小さい搬送波においては、 C/N が低いため信頼性が低いはずであるが、位相空間上の送信信号点に近いところに受信シンボルがある場合や隣同士のシンボルでビットが同じとき、つまり隣同士でビットが0である場合や1である場合に、その間に受信シンボルがあると、0.0または1.0と判定するため、信頼性が高くなり、効果的な軟判定復号を行うことができなかった。

【0005】なお図6は伝送路の周波数特性を示す図で（a）は妨害がない場合、（b）はマルチパス妨害がある場合で図の横軸は搬送波番号、縦軸は参照データの振幅（任意単位）を示す。

【0006】本発明は上述の課題を解決するため、QAM系の復調方法においてはパイロットシンボルから得られた参照シンボルの振幅を軟判定のための信頼度情報として利用することの可能な、また差動系の復調方法においては前シンボルの振幅を1に規格化して差動復調して軟判定復号を行うことの可能なOFDM信号復調装置を提供せんとするものである。

【0007】

【課題を解決するための手段】これら目的を達成するため、QAM系にかかるOFDM信号を復調する本発明第1のOFDM信号復調装置は、当該装置が：OFDM信号を復調するOFDM信号復調装置において、当該装置が：受信OFDM信号から各搬送波の複素データを得るFFT回路と；得られた複素データからフレーム構成のうちパイロットシンボルの位置に相当する複素データを抽出するパイロットシンボル抽出回路と；抽出されたパイロットシンボルから各搬送波の振幅位相基準となる参照シンボルを推定する参照シンボル推定回路と；前記FFT回路によって得られた各搬送波の複素データの振幅および位相を前記参照シンボル推定回路によって得られた参照シンボルにより等化する復調データ等化回路とを具備し、参照シンボル推定回路によって得られた参照シンボルを軟判定復号の信頼度情報として利用するよう構成したことを特徴とするものである。

【0008】また、QAM系にかかるOFDM信号を復調する本発明第2のOFDM信号復調装置は、当該装置が：OFDM信号を復調するOFDM信号復調装置において、当該装置が：受信OFDM信号から各搬送波の複

素データを得るFFT回路と；得られた複素データからフレーム構成のうちパイロットシンボルの位置に相当する複素データを抽出するパイロットシンボル抽出回路と；抽出されたパイロットシンボルから各搬送波の振幅位相基準となる参照シンボルを推定する参照シンボル推定回路と；前記FFT回路によって得られた各搬送波の複素データの振幅および位相を前記参照シンボル推定回路によって得られた参照シンボルにより等化する復調データ等化回路と；前記復調データ等化回路の出力である複素データを送信シンボル点へシンボル判定するシンボル判定回路と；該シンボル判定回路の出力を前記参照シンボル推定回路によって推定された参照シンボルにより伝送路の周波数特性をかけてシンボルの値を変換するシンボル変換回路と；前記参照シンボルの振幅を1に規格化しこれ以前記FFT回路の出力複素データを補正する復調データ補正回路と；前記シンボル変換回路および前記復調データ補正回路両出力を使用して各搬送波の信頼度を計算する信頼度計算回路と；該計算回路から得られた値を前記シンボル判定回路によりシンボル判定された各ビットの信頼度とする信頼度付加回路とを具備し、該信頼度付加回路の出力を軟判定データとするよう構成されたことを特徴とするものである。

【0009】さらにまた差動ディジタル変調にかかるOFDM信号を復調する本発明第3のOFDM信号復調装置は、当該装置が：受信OFDM信号から各搬送波の複素データを得るFFT回路と；各搬送波の受信シンボルを1シンボル遅延させる1シンボル遅延回路と；遅延された受信シンボルの振幅を1に規格化するシンボル振幅規格化回路と；前記FFT回路および前記規格化回路両出力の出力信号を用いて複素データを差動復調する差動復調回路とを具備し、該差動復調回路で得られた複素データのI軸およびQ軸のレベルを軟判定復号の信頼度情報として使用するよう構成したことを特徴とするものである。

【0010】

【発明の実施の形態】以下添付図面を参照し実施例により本願発明の実施の形態を詳細に説明する。図1にQAM系のディジタル変調方法に係る本発明OFDM信号復調装置第1の実施例構成ブロック線図を示す。参照番号10はOFDMの受信信号であり、ノイズのような波形のOFDM信号が入力される。ブロック番号11はOFDM受信信号を復調するためのFFT回路である。ブロック番号12はフレームの中からパイロットシンボルを抽出するためのパイロットシンボル抽出回路、ブロック番号13は離散されて挿入されているパイロットシンボルから各キャリアの振幅位相基準となる参照データを推定するための参照シンボル推定回路である。ブロック番号14は参照シンボル推定回路13から得られた参照シンボルによってFFT回路11から得られた各搬送波のシンボル（複素データ）の振幅および位相を補正（等

化)する復調データ等化回路である。ブロック番号15は復調データ等化回路14で得られた複素データをデマッピングし軟判定データを得るためのデマッピング回路である。ブロック番号16は参照シンボル推定回路13から各搬送波の信頼度を計算する信頼度計算回路である。ブロック番号17はデマッピング回路15によって得られた軟判定データを信頼度計算回路16によって得られた信頼度によって、各搬送波毎に各ビットの信頼度を補正する信頼度補正回路である。参照番号18は信頼度補正回路17によって補正された軟判定データである。この軟判定データがピタビ軟判定復号器などの軟判定誤り訂正回路(図示されず)に入力される。なお、本復調装置の構成では、周波数同期やフレーム同期などの同期回路やクロック再生回路および周波数インターリーブ、時間インターリーブなどのインターリーブ回路、誤り訂正以降の復号回路などは省略している。

【0011】次に図1に従って本発明第1の実施例の動作を説明する。まずOFDM受信信号10をFFT回路11によってFFTし各搬送波の複素データを得る。FFT回路11によって得られた複素データからパイロットシンボル抽出回路12によって、フレーム構成のうちパイロットシンボルの位置に相当する複素データを抽出する。例えば、図7(a)のように、フレーム構成のなかにパイロットシンボルが分散して挿入されている場合は(図の白ヌキ丸印はデータシンボル、黒丸印はパイロットシンボルを示している)、パイロットシンボルの位置に相当する受信シンボル(複素データ)を抽出する。図7(b)のフレーム構成の場合は、時間方向に周期的に挿入されているパイロットシンボルを抽出する。16QAMや64QAMなどのQAM系変調方法においては、QAMの各シンボルを判定するために振幅位相の基準となるシンボル(参照シンボル)が必要であるため、参照シンボル推定回路13において回路12で抽出されたパイロットシンボルから各搬送波の参照シンボルを推定する。

【0012】例えば、図7(a)のようなフレーム構成の場合、時間方向には受信されたパイロットシンボルの値をそのままホールドしたり、直線補完したりし、周波数方向には、受信されたパイロットシンボルの値をFIR(Finite Impulse Response:有限インパルス応答)フィルターなどのLPF(Low Pass Filter)によってフィルタリングすることによってパイロットシンボルが送信されている搬送波間の搬送波の参照シンボルを推定する方法などがある。また、図7(b)のフレーム構成の場合は、受信したパイロットシンボルをそのまま参照シンボルとしてもよいし、時間方向に線形補完して求めてもよい。図6は分散されて挿入されているパイロットシンボルから推定して得られた伝送路の周波数特性(振幅)の例を示している。

【0013】図6(a)は妨害がない場合の例であり、

送信したパイロットシンボルによって規格化しているため振幅は1である。図6(b)は、マルチパス妨害がある場合の伝送路の周波数特性(振幅)の例を示している。マルチパス妨害があると、遅延波の振幅と遅延時間などによって伝送路の周波数特性が乱れ、振幅が0に近い搬送波がある場合がある。このような搬送波で受信されるデータは、 C/N が低いため信頼性が低く、誤り易い搬送波であると見ることができる。

【0014】次に、回路14においては、FFT回路11によって得られた各搬送波の複素データを回路13によって得られた参照シンボルによって伝送路特性を補正(つまり等化)し、補正後の複素データ(シンボル)を得る。i番目のキャリアの複素データを(X_{di} , Y_{di})と表すことにする。得られた複素データをデマッピング回路15によってデマッピングし軟判定データを得る。例えば、各搬送波が16QAMで変調されている場合は図5に示すような位相空間図となる。図5の横軸はIデータに相当し、縦軸はQデータに相当する。データシンボルを白ヌキ丸で示し、パイロットシンボルを黒丸で示している。16QAMの場合、デジタル信号は $2^4=16$ 個のシンボルで伝送される。ビットを b_0 , b_1 , b_2 , b_3 で表すと、1シンボルは(b_0 , b_1 , b_2 , b_3)と表される。なお、ここでは b_0 , b_2 がIデータに対応し、 b_1 , b_3 がQデータに対応している。回路14により得られた複素データの実部をIデータ、虚部をQデータとすると、得られた複素データはこの位相空間上に存在する。

【0015】デマッピング回路15によるデマッピングの例を図8に示す。図8の横軸は、図5のI軸およびQ軸を表す。図8(a)において、データシンボルのI軸データを(b_0 , b_2)、Q軸データを(b_1 , b_3)と表すとI軸データ、Q軸データとも(1, 0)は-3, (1, 1)は-1, (0, 1)は1, (0, 0)は3となる。I軸データの(b_0 , b_2)およびQ軸データの(b_1 , b_3)の各ビットを分けて考えると、データシンボルが-3のとき、 b_0 , b_1 は1で b_2 , b_3 は0、データシンボルが-1のとき b_0 , b_1 は1で b_2 , b_3 は1、データシンボルが1のとき b_0 , b_1 は0で b_2 , b_3 は1、データシンボルが3のとき b_0 , b_1 は0で b_2 , b_3 は0となる。図8(b)の縦軸は受信シンボルのI軸のレベルまたはQ軸のレベルに対する b_0 、または b_1 の軟判定出力であり、図8(c)は同様に b_2 、または b_3 の軟判定出力である。

【0016】回路14から得られたIデータ、Qデータは実数(実際の回路では8ビットなどに量子化された値)であり、図8(b)及び図8(c)によってIデータ、Qデータに対応する b_0 , b_1 , b_2 , b_3 の軟判定データ(実数、例えば0~1の実数、実際には3から4ビットに量子化された値)を得る(硬判定の場合は0または1の値)。図8(b)及び図8(c)の場合、隣

同士0のビットにおいては軟判定データは0.0であり、同様に隣同士1のビットにおいては軟判定データは1.0である。隣同士で0と1で異なる場合、図8の例では、その軟判定データは直線的に変わる。例えば、複素データが $(I, Q) = (0.6, 1.2)$ の場合、軟判定データは $(b0, b1, b2, b3) = (0.2, 0.0, 1.0, 0.9)$ となる。この値が回路17に渡される。回路16では、回路13によって推定された参照シンボルから各搬送波の信頼度を計算する。回路13によって伝送路の周波数特性が分かるので、回路16による信頼度 (R_{pi}) の計算方法としては、各搬送波に相当する参照シンボル (X_{iref}, Y_{iref}) の振幅を信頼度とする方法がある。つまり、 i 番目の搬送波の信頼度 R_{pi} として、次式を用いる。

【数1】

$$R_{pi} = \sqrt{(X_{iref})^2 + (Y_{iref})^2}$$

【0017】参照シンボルの振幅が小さければ、その搬送波の C/N は低いので信頼性が低く、振幅が大きければ信頼性が高いことになる。デマッピング回路15によって得られた軟判定データと信頼度計算回路16によって得られた各搬送波毎の信頼度情報を使って軟判定データの信頼度を信頼度補正回路17によって補正する。回路16によって得られた値が小さいときは信頼性が低いので、軟判定データとしては0または1である確からしさが低いことを意味する。つまり0.5に近づけるべきであると考えられる。よって、信頼度補正回路17の計算方法としては例えば、デマッピング回路15によって得られた値から0.5を引き、信頼度計算回路16によって得られた値を掛け、その後0.5を足すという方法がある。つまり、次式で表される補正を行う。

$b_{ion} = (b_{iin} - 0.5) \times R_{pi} + 0.5 \quad n=0,1,2,3 \quad (16QAM \text{の場合})$

ここで、 b_{ion} は i 番目の搬送波で、 n 番目のビットの補正後の軟判定データ、 b_{iin} は i 番目の搬送波で、 n 番目のビットの補正前の軟判定データ、 R_{pi} は i 番目のキャリアの信頼度である。補正回路17によって補正された軟判定データ18はビタビ軟判定復号器などの軟判定誤り訂正復号回路に入る。

【0018】参照シンボル推定回路13は、本実施例では、送信側のパイロットシンボルで受信側のパイロットシンボルを規格化しているため振幅が1であるが、送信側のパイロットシンボルで規格化しなくてもよいし、各搬送波の受信シンボルを全搬送波で平均化した値を基準としてもよいし、各搬送波の受信シンボルを全搬送波時間方向に平均化した値を基準としてもよい。

【0019】信頼度計算回路16は、本実施例では、受信パイロットシンボルから推定して得た参照シンボルの振幅を信頼度 R_{pi} としたが、信頼度が1以上の場合は1に固定してもよい。また、振幅の2乗を信頼度として

もよい。もちろんこの場合も信頼度が1以上の場合は1に固定してもよい。各搬送波の信頼度を計算する際、回路13で各搬送波の受信シンボルを全搬送波時間方向に平均化していない場合、回路16で平均化した後、その値を基準として規格化した参照シンボルの振幅などを信頼度としてもよい。

【0020】信頼度計算回路16によって信頼度 R_{pi} を求める際、参照シンボル推定回路13によって得られた参照シンボルとパイロットシンボル抽出回路によって得られたパイロットシンボルとの差（ユークリッド距離）が予め定めた閾値より大きい搬送波およびその搬送波近傍の搬送波においては、信頼度 R_{pi} を0としてもよい。参照シンボルの平均振幅が1の場合、前記閾値は例えば0.5とする。

【0021】QAM系のデジタル変調方法に係る本発明OFDM信号復調装置第2の実施例構成ブロック線図を図12に示す。図1との構成の違いは、デマッピング回路15がシンボル判定回路125に代わったこと、復調データ補正回路127が追加されたこと、シンボル変換回路126が追加されたこと、各搬送波の信頼度計算回路129の内容が変更されたこと、各ビットの信頼度補正回路17が信頼度付加回路128に変わったことである。各部分について、図12に基づき動作を説明する。

【0022】復調データ等化回路124で等化された複素データ (X_{di}, Y_{di}) はシンボル判定回路125へ入力される。回路125では入力された複素データを送信シンボル点へシンボル判定する。ここでシンボル判定された複素データを

【外1】

$$(\hat{X}_{di}, \hat{Y}_{di})$$

とする。例えば、16QAMの場合、

【外2】

$$\hat{X}_{di}, \hat{Y}_{di}$$

は、 $-3, -1, 1, 3$ のうちの1つの値をとる。シンボル変換回路126は、回路125からの複素データを参照シンボル推定回路123によって得られた伝送路の推定値によって変換する。つまり、回路125からの複素データ

【外3】

$$(\hat{X}_{di}, \hat{Y}_{di})$$

に、推定した伝送路特性をかける。その結果の複素データを

【外4】

$$(\hat{\hat{X}}_{di}, \hat{\hat{Y}}_{di})$$

とする。

【0023】一方、複素データ補正回路127では回路

1 2 3 から得られた参照シンボルの振幅を 1 に規格化し (位相情報は保持) 複素データを得る。得られた復調データを (X_{hi}, Y_{hi}) とする。信頼度計算回路 1 2 9 では回路 1 2 6 からの複素データと回路 1 2 7 からの複素データによって、 i 番目の搬送波の信頼度 R_{pi} を計算する。 i 番目の搬送波の信頼度 R_{pi} としては、次式を用いる。

【数 2】

$$R_{pi} = \frac{1}{\sqrt{(X_{hi} - \hat{X}_{dhi})^2 + (Y_{hi} - \hat{Y}_{dhi})^2}}$$

この値を、各ビットの信頼度付加回路 1 2 8 に入力し、信頼度計算回路 1 2 9 から得られた値を回路 1 2 5 によってシンボル判定された各ビットの信頼度とし軟判定データ 1 3 0 とする。このデータをビタビ軟判定復号器などの軟判定誤り訂正復号回路 (図示されず) に入れ軟判定復号を行う。

【0 0 2 4】次に、差動系のデジタル変調方法に係る本発明 OFDM 信号復調装置第 3 の実施例構成ブロック線図を図 2 に示す。参照番号 2 0 は受信信号であり、ノイズのような波形の OFDM 信号が入力される。ブロック番号 2 1 は OFDM を復調するための FFT 回路である。ブロック番号 2 2 は差動復調を行うため、各搬送波

$$(X_{ni, s-1}, Y_{ni, s-1}) = \frac{1}{\sqrt{(X_{i, s-1})^2 + (Y_{i, s-1})^2}} (X_{i, s-1}, Y_{i, s-1})$$

【0 0 2 6】ここで、 $(X_{ni, s-1}, Y_{ni, s-1})$ は i 番目の搬送波で $(s-1)$ 番目の受信シンボルの振幅を 1 に規格化した複素データ、 $(X_{i, s-1}, Y_{i, s-1})$ は i 番目の搬送波で $(s-1)$ 番目の受信シンボルである。次にブロック番号 2 4 の差動復調回路によって差動復調を行う。この際、ブロック番号 2 1 によって得られた各搬送波の複素データ $(X_{i, s-1}, Y_{i, s-1})$ をブロック番号 2 3 の回路によって得られた複素データ $(X_{ni, s-1}, Y_{ni, s-1})$ で除算することにより、差動復調後の複素データ $(X_{di, s}, Y_{di, s})$ を求める。この複素データは次式で求められる。

【数 4】

$$(X_{di, s}, Y_{di, s}) = \left(\frac{1}{\sqrt{2}}, \frac{1}{\sqrt{2}} \right) \cdot \frac{(X_{i, s}, Y_{i, s})}{(X_{ni, s-1}, Y_{ni, s-1})}$$

得られた複素データ $(X_{di, s}, Y_{di, s})$ をブロック番号 2 5 のデマッピング回路によってデマッピングし軟判定データを得る。デマッピングの例を図 1 1 に示す。

【0 0 2 7】図 1 1 において横軸は I 軸および Q 軸を表す。図 1 1 (a) において、送信データシンボルの I データを (b_0) 、Q データを (b_1) とすると、I データ、Q データとも (1) のときは -1, (0) のときは 1 である。図 1 1 (b) の縦軸は受信シンボルの I データのレベルまたは Q データのレベルに対する b_0 または

の受信シンボルを 1 シンボル遅延させる 1 シンボル遅延回路である。ブロック番号 2 3 は遅延された受信シンボルの振幅を 1 に規格化する受信シンボル振幅規格化回路である。ブロック番号 2 4 は FFT 回路 2 1 から得られた各搬送波のシンボル (複素データ) を回路 2 3 から得られた前シンボルの振幅を 1 に規格化した複素データで割ることによって差動復調を行う差動復調回路である。ブロック番号 2 5 は得られた複素データをデマッピングし軟判定データを得るためのデマッピング回路である。この回路によって得られた軟判定データ 2 6 がビタビ軟判定復号器などの軟判定誤り訂正回路 (図示されず) に入力される。なお、この図も図 1 と同様、同期回路、インターリーブ回路、誤り訂正以降の復号回路などは省略している。

【0 0 2 5】次に図 2 に従ってこの実施例の動作を説明する。まず OFDM の受信信号 2 0 を FFT 回路 2 1 によって FFT し各搬送波の複素データを得る。FFT 回路 2 1 によって得られた複素データから 1 シンボル遅延回路 2 2 によって、各搬送波の受信シンボルを 1 シンボル遅延させ、回路 2 3 によって 1 シンボル遅延させた受信シンボル (複素データ) の振幅を 1 に規格化する。つまり、次式のように変換する。

【数 3】

1

b_1 の軟判定出力である。デマッピング回路で得られた軟判定データはビタビ軟判定復号器などの軟判定誤り訂正復号回路に入れ軟判定復号を行う。

【0 0 2 8】最後に QAM 系のデジタル変調方法に係り、さらにインターリーブ回路がある場合の本発明 OFDM 信号復調装置の第 4 の実施例構成ブロック線図を図 9 に示す。6 4 QAM などの多値変調方法で復号しインターリーブを行い軟判定データを得る場合、軟判定データとしては通常 3 ビットから 4 ビット必要であるため、デマッピングした後のビット数は 1 8 ビットから 2 4 ビットとビット数が多くなる。一方、複素データは I データ、Q データとも 6 ~ 8 ビット程度なので 1 2 ビットから 1 6 ビット程度となる。よってインターリーブ回路はデマッピング回路よりも先の複素データの段階で行った方が回路規模が小さくてよいと考えられる。第 4 の実施例の場合、6 4 QAM の場合でも、I データ、Q データはそれぞれ 6 ビット程度でよいと考えられ、また、信頼度情報は 4 ビット程度でよいと考えられるので、複素データのビット数は各搬送波当たり 1 6 ビットとなり、従来のインターリーブ回路と同程度の規模で実施できると考えられる。

【0 0 2 9】図 1 0 にインターリーブ回路で使用する RAM の 1 ワードを 1 6 ビットとした場合の 1 ワードのビットの使い方の例を示す。このように、各搬送波毎に複

素データと信頼度情報を1つのワードとして扱うことにより、本発明実施例の場合でも従来と同様にインターリーブを行うことができる。図9は、インターリーブ回路がある場合の実施例であり、ブロック番号94の復調データ等化回路とデマッピング回路97の間にインターリーブ回路95があり、各搬送波毎に複素データと信頼度情報を一緒に扱ってインターリーブを行うことができる。この例では、1ワード16ビットの場合を示したが、16ビットを8ビットずつに分割し、1ワード8ビットのRAMを平行に使用することにより、同様に実施することができる。

【0030】

【発明の効果】以上詳細に説明してきたように、本発明装置によれば、OFDM信号を受信し復号する場合、マルチパス妨害やフェージング妨害があっても、軟判定誤り訂正復号を効果的に行うことが可能なOFDM信号復調装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 QAM系のデジタル変調方法に係る本発明装置第1の実施例構成ブロック線図である。

【図2】 差動系のデジタル変調方法に係る本発明装置第3の実施例構成ブロック線図である。

【図3】 QAM系のデジタル変調方法に係る従来例装置の構成ブロック線図である。

【図4】 差動系のデジタル変調方法に係る従来例装置の構成ブロック線図である。

【図5】 16 QAMの位相空間図の例を示す図である。

【図6】 伝送路の周波数特性で、(a)は妨害がない場合、(b)はマルチパス妨害がある場合の例を示す。

【図7】 OFDMフレーム構成例1 (a)、構成例2 (b)をそれぞれ示す。

【図8】 16 QAMの場合の受信シンボルとビットの関係 (a)、16 QAMの場合の受信シンボルとb0、b1の軟判定データの対応例 (b)、16 QAMの場合の

受信シンボルとb2、b3の軟判定データの対応例 (c)を示す図である。

【図9】 QAM系のデジタル変調方法に係り、さらにインターリーブ回路がある場合の本発明装置第4の実施例構成ブロック線図である。

【図10】 RAMの1ワードへの複素データ割り当て方法の従来例 (a)と本発明例 (b)を示す。

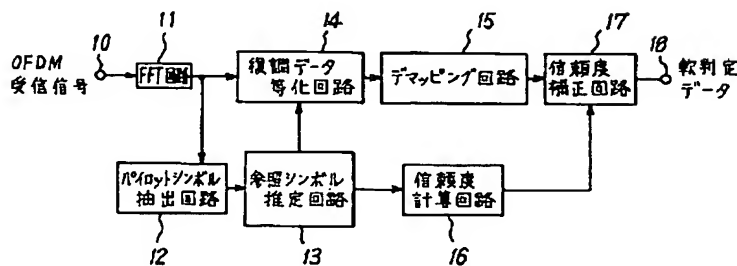
【図11】 DQPSKの場合の受信シンボルとビットの関係 (a)と受信シンボルb0、b1軟判定データの対応例 (b)を示す。

【図12】 QAM系のデジタル変調方法に係る本発明装置第2の実施例構成ブロック線図である。

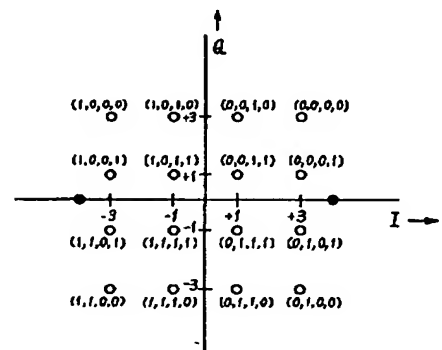
【符号の説明】

10、20、30、40、90、120 OFDM受信信号
11、21、31、41、91、121 FFT回路
12、32、92、122 パイロットシンボル抽出回路
13、33、93、123 参照シンボル推定回路
14、34、94、124 復調データ等化回路
15、25、35、44、97 デマッピング回路
16、96、129 信頼度計算回路
17、98 信頼度補正回路
18、26、36、45、99、130 軟判定データ
22、42 1シンボル遅延回路
23 受信シンボル振幅規格化回路
24、43 差動復調回路
95 インターリーブ回路
98 信頼度補正回路
125 シンボル判定回路
126 シンボル変換回路
127 復調データ補正回路
128 信頼度付加回路

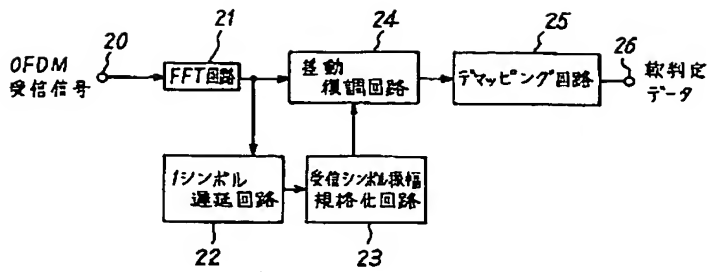
【図1】



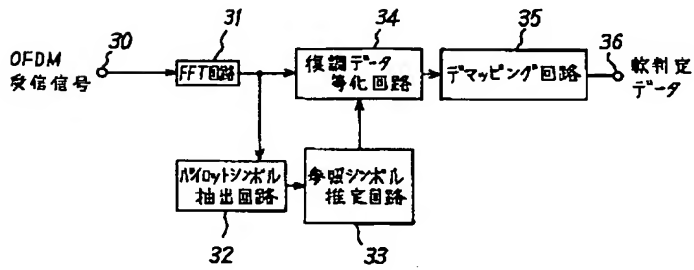
【図5】



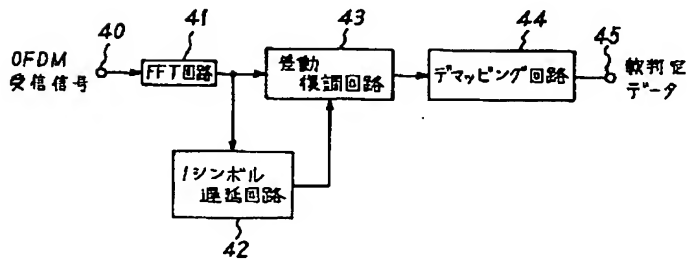
【図2】



【図3】



【図4】



【図10】

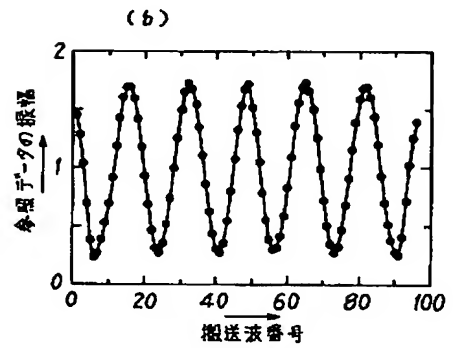
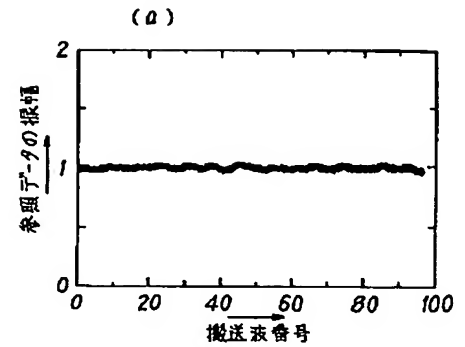
(a)

Iデータ: 8ビット	Qデータ: 8ビット	合計16ビット
------------	------------	---------

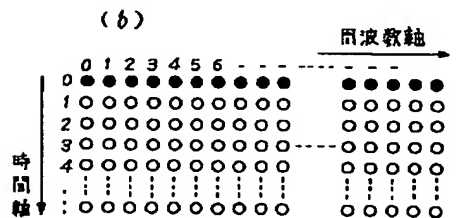
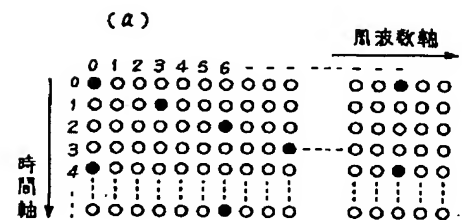
(b)

Iデータ: 6ビット	Qデータ: 6ビット	信頼度: 4ビット	合計16ビット
------------	------------	-----------	---------

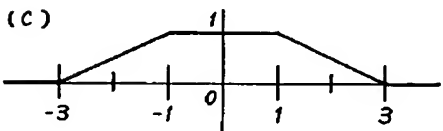
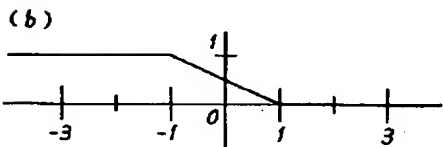
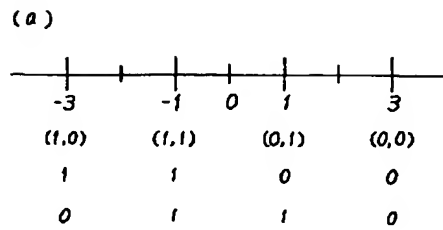
【図6】



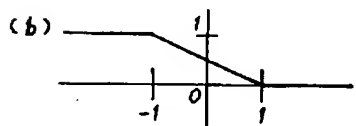
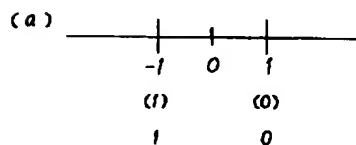
【図7】



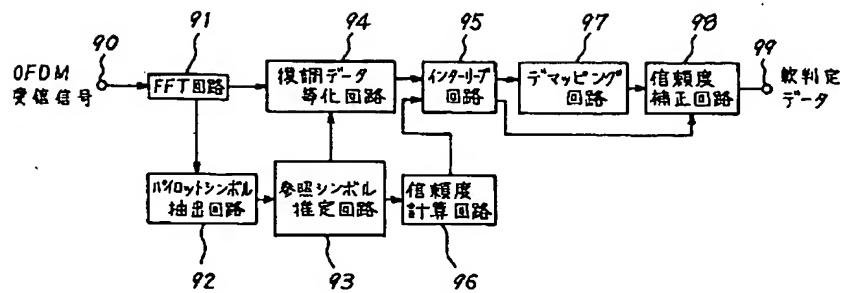
【図8】



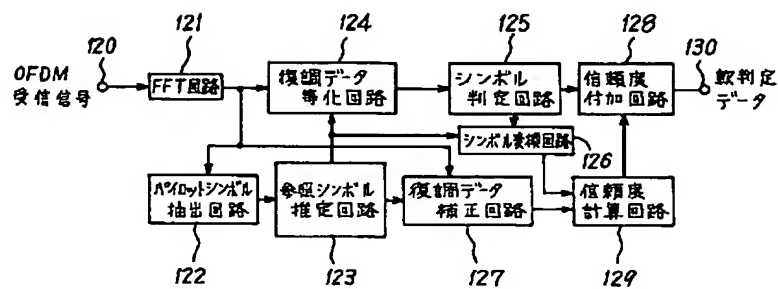
【図11】



【図9】



【図12】



フロントページの続き

(72)発明者 黒田 徹
東京都世田谷区砧 1丁目10番11号 日本放送協会 放送技術研究所内
(72)発明者 上原 道宏
東京都世田谷区砧 1丁目10番11号 日本放送協会 放送技術研究所内

(72)発明者 土田 健一
東京都世田谷区砧 1丁目10番11号 日本放送協会 放送技術研究所内
Fターム(参考) 5K004 AA08 JA02 JB01 JG01 JH02
5K022 DD01 DD18 DD19 DD33 DD34

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.